



TUGAS AKHIR – SF 141501

**PENERAPAN METODE RESISTIVITAS 2 DIMENSI
UNTUK MENGETAHUI *AQUIFER* DI WILAYAH JALAN
TOL MANADO-BITUNG, SULAWESI UTARA**

**NURUL HUDA
01111340000048**

**Dosen Pembimbing
Dr. Sungkono, M.Si.
Ary Iswahyudi, S.Si., M.T.**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS ILMU ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT – SF 141501

**APPLICATION OF 2-D RESISTIVITY METHOD FOR
AQUIFER IDENTIFICATION AROUND MANADO-
BITUNG HIGHWAY, NORTH SULAWESI**

**NURUL HUDA
01111340000048**

**Advisor Lecture
Dr. Sungkono, M.Si.
Ary Iswahyudi, S.Si., M.T.**

**DEPARTMENT OF PHYSICS
FACULTY OF NATURAL SCIENCES
INSTITUTE OF TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

PENERAPAN METODE RESISTIVITAS 2 DIMENSI UNTUK MENGETAHUI *AQUIFER* DI WILAYAH JALAN TOL MANADO-BITUNG, SULAWESI UTARA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Sains pada :
Program Sarjana Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

NURUL HUDA
NRP 0111134000048

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. Sungkono., M.Si.
NIP. 19850702 201404.1.002

..... (Pembimbing 1)

2. Ary Iswahyudi, S.Si., M.T.

..... (Pembimbing 2)



**PENERAPAN METODE RESISTIVITAS 2 DIMENSI
UNTUK MENGETAHUI *AQUIFER* DI WILAYAH JALAN
TOL MANADO-BITUNG, SULAWESI UTARA**

Nama : Nurul Huda
NRP : 01111340000048
Departemen : Fisika ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Sungkono, M.Si.
Ary Iswahyudi, S.Si., M.T.

ABSTRAK

Air tanah merupakan semua air yang berada di dalam lapisan tanah (aquifer). Aquifer dapat diidentifikasi menggunakan metode geofisika yang memanfaatkan sifat-sifat fisika material bawah permukaan bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aquifer di wilayah jalan tol Manado-Bitung Sulawesi Utara menggunakan metode resistivitas 2 dimensi konfigurasi Wenner dengan spasi 5 m. Hasil analisa data dari metode ini ialah penampang persebaran nilai resistivitas bawah permukaan bumi beserta kondisi topografi wilayah penelitian. Hasil penelitian menunjukkan wilayah pengukuran merupakan wilayah aquifer dengan air tanah yang berasal dari area resapan yaitu Gunung Klabat dan arah barat daya hingga tenggara. Selain itu, pada wilayah pengukuran terdapat sistem aquifer tak tertekan yang terletak dekat dengan permukaan (kedalaman 5 m) dan sistem aquifer tertekan yang pada kedalaman di bawah 70m.

Kata Kunci: *air tanah, aquifer, resistivitas.*

APPLICATION OF 2-D RESISTIVITY METHOD FOR AQUIFER IDENTIFICATION AROUND MANADO- BITUNG HIGHWAY, NORTH SULAWESI

Name : Nurul Huda
NRP : 01111340000048
Departement : Physics ITS
Advisor Lecturer : Dr. Sungkono, M.Si
Ary Iswahyudi, S.Si., M.T.

ABSTRACT

Groundwater is all the water that is in the bottom of subsurface (aquifer). Aquifer can be identified using geophysical methods that utilize the physical properties of subsurface materials. This research aims to identifying aquifers around the Manado-Bitung highway of North Sulawesi using 2-D resistivity Wenner-array method by 5 m spacing. The result of data analyzing from this method is the contour map of subsurface resistivity value with the topographic condition along the line in research area. The results showed that the area of measurement is the region of aquifer with the ground water coming from the recharge area of Mount Klabat and southwest to southeast direction. In addition, there is an unconfined aquifer system located close to the surface (depth of 5 m) and a confined aquifer system at a depth below 70 m around the research area.

Keywords: aquifer, groundwater, resistivity.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang selalu memberikan petunjuk, kemudahan serta melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Penelitian Tugas Akhir yang berjudul **“PENERAPAN METODE RESISTIVITAS 2 DIMENSI UNTUK MENGETAHUI *AQUIFER* DI WILAYAH JALAN TOL MANADO-BITUNG, SULAWESI UTARA”**. Penulis menyadari dengan terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis memberikan ucapan terimakasih terutama kepada:

1. Bapak Dr. Sungkono, M.Si. dan Ary Iswahyudi, S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing atas pengarahan, bimbingan, kesabaran, dan dukungan yang diberikan selama proses penyusunan naskah tugas akhir ini,
2. Pihak CV. Geoadvance atas izin yang diberikan untuk menggunakan data sebagai bahan penelitian tugas akhir,
3. Bapak Prof. Dr. rer.nat Bagus Jaya Santosa dan Dr. Ali Yunus Rohedi selaku dosen penguji,
4. Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng. selaku Kepala Departemen Fisika FIA ITS atas fasilitas dan pengarahan yang diberikan selama ini,
5. Seluruh staf pengajar di Departemen Fisika FIA ITS,
6. Penghuni laboratorium gedung Fisika: Dani, Getex, Mas Mufid, Oman, Bram, Silvi, Wek, Rahman, Badri, Asrofi, Adib, mbah to, Baskoro terimakasih atas fasilitas dan sharing ilmunya,
7. Teman-teman seperjuangan bidang minat Fisika Bumi 2013 yang masih tersisa,

8. Kedua orang tua penulis yang memberikan dukungan dan pengertian untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini tidak pada waktunya,
9. Teman–teman SUPERNOVA 2013 yang senantiasa memberikan dukungan, dan
10. Semua pihak yang telah membantu yang tidak mungkin saya sebutkan satu persatu.

Semoga Tugas Akhir ini memberikan manfaat, baik bagi penulis maupun pembaca dalam upaya menambah wawasan tentang ilmu Fisika Bumi.

Surabaya, 22 Januari 2018

Penulis
Nurul Huda

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PAGE TITLE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1. Geologi Regional Daerah Penelitian	5
2.2. Hidrogeologi	7
2.3. Lapisan Pembawa Air Tanah (<i>Aquifer</i>)	10
2.3.1. Sistem <i>Aquifer</i> Dengan Aliran Melalui Ruang Antar Butir	11
2.3.2. Sistem <i>Aquifer</i> Dengan Aliran Melalui Ruang Antar Butir Dan Celahan	11
2.3.3. Sistem <i>Aquifer</i> Dengan Aliran Melalui Rekahan, Celahan, dan Saluran	12
2.4. Teori Resistivitas Material	12
2.5. Metode Resistivitas	17
2.6. Prinsip Dasar Metode Resistivitas	17

2.7. Konduktifitas Kelistrikan Batuan	20
2.7.1. Konduktivitas Secara Elektronik	20
2.7.2. Konduktivitas Secara Dielektrik.....	20
2.7.3. Konduktivitas Secara Elektrolitik.....	21
2.8. <i>Marquardt's Inversion</i>	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1. Peralatan	25
3.2. Prosedur Kerja.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1. Lintasan 1	31
4.2. Lintasan 2	33
4.3. Lintasan 3	35
4.4. Lintasan 4	37
4.5. Lintasan 5	38
4.6. Korelasi Semua Lintasan Pengukuran.....	40
BAB V KESIMPULAN	45
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN	49
BIODATA PENULIS.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian	6
Gambar 2.2 Siklus Hidrogeologi.....	8
Gambar 2.3 Beberapa Jenis Sistem <i>Aquifer</i>	9
Gambar 2.4 Aliran Arus Pada Konduktor Silinder	13
Gambar 2.5 Aliran Arus di Dalam Bumi Dari Sumber Tunggal.	18
Gambar 2.6 Konfigurasi Elektroda Yang Umum Digunakan Untuk Pengukuran Resistivitas	19
Gambar 3.1 Peralatan Pengukuran Metode Resistivitas.....	25
Gambar 3.2 Desain Lintasan Pengukuran	27
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian.....	28
Gambar 4.1 Penampang Persebaran Nilai Resistivitas Bawah Permukaan Lintasan 1 (atas) dan Lintasan 2 (bawah).....	32
Gambar 4.2 Penampang Persebaran Nilai Resistivitas Bawah Permukaan Lintasan 3 (atas) dan Lintasan 4 (bawah).....	36
Gambar 4.3 Semburan Artesis Lintasan 5 Pada Jarak 125 M	38
Gambar 4.4 Penampang Persebaran Nilai Resistivitas Bawah Permukaan Lintasan 5	39
Gambar 4.5 3D <i>Section Plot</i> Tampak Dari Selatan.....	41
Gambar 4.5 3D <i>Section Plot</i> Aliran Sungai Tampak Barat Daya	42
Gambar A1. Semburan Artesis pada lintasan pengukuran	49
Gambar A2. Dokumentasi Pengambilan Data.....	50
Gambar A3. 3D <i>Section Plot</i> Tampak Dari Timur.....	50
Gambar A4. 3D <i>Section Plot</i> Tampak Dari Utara.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Resistivitas Material Bawah Permukaan Bumi .. 16

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air tanah merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah pada zona jenuh (*Zone of Saturation*) atau air yang terkandung di dalam pori-pori lapisan maupun batuan di bawah permukaan tanah. Menurut Sihwanto dan Arismunandar (1993), air tanah berasal dari air hujan yang meresap kedalam tanah yang mengalir melalui lapisan batuan pembawa air (*aquifer*) dalam suatu cekungan air tanah yang berada di bawah permukaan menuju ke daerah keluaran. Berdasarkan tempat terjadi dan kedudukan lapisan pembawa air-nya, air tanah dapat dibedakan menjadi 2 yaitu air tanah tak-tertekan dan air tanah tertekan.

Pada umumnya, khususnya di Indonesia air tanah sangat banyak dimanfaatkan di kehidupan masyarakatnya. Namun, secara alamiah persebaran dan potensi air tanah tidak sama di setiap tempat dan tidak menutup kemungkinan terdapat daerah-daerah yang karena kondisi geologinya dapat disebut daerah sulit air tanah ataupun tidak mungkin terdapat air tanah. Menurut Lashkaripour (2003) potensi dan persebaran air tanah dibawah permukaan sangat ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain dimensi cekungan, karakteristik akuifer, iklim dan curah hujan, serta kondisi lahan penutup. Meskipun pada kenyataannya air tanah sangat dibutuhkan, namun tidak semua tempat di inginkan terdapat air tanah. Selain memberikan manfaat, air tanah juga dapat memberikan dampak negatif seperti likuifaksi yaitu melemahnya daya ikat antar-partikel lapisan tanah yang disebabkan oleh adanya kandungan air yang terlalu banyak di lapisan tersebut. Kondisi tidak adanya air tanah ini sangat diharapkan ketika terdapat pembangunan seperti misalnya

pembangunan pondasi jalan tol yang terdapat di wilayah berpotensi air tanah yang cukup tinggi. Keadaan tersebut terjadi pada pembangunan jalan tol Manado-Bitung, Sulawesi Utara. Wilayah ini terdapat beberapa perbukitan sehingga terdapat banyak wilayah cekungan yang sangat mungkin terdapat air tanah dengan potensi yang sangat besar dikarenakan air tanah dari beberapa perbukitan tersebut terakumulasi menjadi satu dalam akuifer yang terdapat di cekungan bukit.

Untuk mengetahui persebaran dan keberadaan air tanah diperlukan suatu metode geofisika yang efektif dan efisien sesuai dengan topografi dan kondisi geologi wilayah Sulawesi Utara. Pengukuran geofisika untuk mengetahui bawah permukaan sangat bervariasi metode pengukurannya berdasarkan sifat kelistrikan bumi, sifat kemagnetan bumi, getaran bumi, dan gelombang elektromagnetik (Santoso, 2004). Dari beberapa metode geofisika tersebut, terdapat salah satu metode pengukuran dengan memanfaatkan target anomali geofisika yang bersifat konduktif yaitu air tanah dengan menggunakan metode tahanan jenis (*resistivity*) 2 dimensi. Metode ini memanfaatkan sifat kelistrikan suatu material bawah permukaan serta profil topografi wilayah pengukuran sehingga dapat diketahui jenis anomali objek bawah permukaan berdasarkan nilai tahanan jenisnya. Metode ini sangat baik digunakan untuk memetakan persebaran material konduktif yang terdapat dibawah permukaan tanah, khususnya keberadaan air tanah yang terletak di wilayah perbukitan. Metode ini diharapkan dapat memetakan kedudukan dan persebaran air tanah yang terdapat di wilayah pembangunan jalan tol Manado-Bitung, Sulawesi Utara. Sehingga berdasarkan latar belakang di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Penerapan Metode Resistivitas 2 Dimensi Untuk Mengetahui *Aquifer* di Wilayah Jalan Tol Manado-Bitung, Sulawesi Utara”.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana cara mengidentifikasi posisi dan persebaran air tanah dalam *aquifer* di daerah jalan tol Manado-Bitung, Sulawesi Utara menggunakan metode resistivitas 2 dimensi.
2. Bagaimana mengetahui sistem *aquifer* yang terdapat di daerah jalan tol Manado-Bitung, Sulawesi Utara berdasarkan data hasil pengolahan resistivitas 2 dimensi.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Metode yang digunakan adalah metode resistivitas 2 dimensi konfigurasi Wenner dengan spasi 5 dan pengolahan data dilakukan dengan menggunakan perangkat ZondRes2D.
2. Proses pengambilan data dilakukan di Kecamatan Airmadidi, Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara.
3. Lintasan pengukuran yang digunakan sebanyak 5 lintasan dengan panjang lintasan maksimal 300 meter.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu:

1. Mengidentifikasi posisi dan persebaran air tanah dalam *aquifer* di daerah jalan tol Manado-Bitung, Sulawesi Utara menggunakan metode resistivitas 2 dimensi.
2. Mengetahui sistem *aquifer* yang terdapat di daerah jalan tol Manado-Bitung, Sulawesi Utara berdasarkan data hasil pengolahan resistivitas 2 dimensi.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian yang berjudul “Penerapan Metode Resistivitas 2 Dimensi Untuk Mengetahui *Aquifer* Di Wilayah Jalan Tol Manado-Bitung, Sulawesi Utara” diharapkan dapat

bermanfaat untuk berbagai pihak khususnya pihak pelaksana pembangunan jalan tol Manado-Bitung, Sulawesi Utara sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan pembangunan kedepannya.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar, sistematika penulisan tugas akhir ini meliputi:

- Bab I Pendahuluan, menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat, dan sistematika penulisan laporan.
- Bab II Dasar Teori, memaparkan tentang teori sebagai landasan penyusunan tugas akhir.
- Bab III Metodologi, berisi tentang prosedur kerja yang digunakan dalam tugas akhir.
- Bab IV Analisa Data dan Pembahasan, merupakan suatu tahap pengolahan dan analisa yang didapatkan selama tugas akhir.
- Bab V Penutup, merupakan bagian penutup tugas akhir meliputi Kesimpulan dan Saran.

BAB II

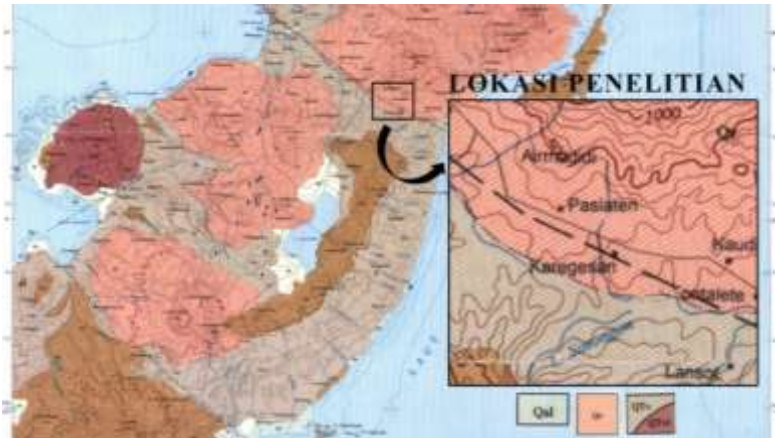
DASAR TEORI

2.1. Geologi Regional Daerah Penelitian

Daerah Penelitian terdapat di Provinsi Sulawesi Utara yang terletak di wilayah paling utara pulau Sulawesi, dan dikenal sebagai provinsi kepulauan. Ahli geologi Indonesia merumuskan geomorfologi Pulau Sulawesi sebagaimana dikutip oleh Tazrief Landoala (2013) menjelaskan bahwa, secara geologi pulau Sulawesi merupakan wilayah yang geologinya sangat kompleks, karena merupakan perpaduan antara dua rangkaian orogen yaitu busur kepulauan Asia Timur dan sistem pegunungan Sunda. Geomorfologi Pulau Sulawesi terjadi akibat tabrakan dua pulau (Sulawesi bagian Timur dan Sulawesi bagian Barat) antara 19 sampai 13 juta tahun yang lalu, terdorong oleh tabrakan antara lempeng benua yang merupakan fundasi Sulawesi Timur bersama Pulau-Pulau Banggai dan Sula, yang pada gilirannya merupakan bagian dari lempeng Australia, dengan Sulawesi Barat yang selempeng dengan pulau-pulau Kalimantan, Jawa dan Sumatra, Sulawesi menjadi salah satu wilayah geologis paling rumit di dunia. Sebagian besar wilayah dataran Sulawesi Utara terdiri dari pegunungan dan bukit-bukit diselingi oleh lembah yang membentuk dataran. Gunung-gunung terletak berantai dengan ketinggian di atas 1000 m dari permukaan laut. Salah satu gunung yang terdapat di Sulawesi Utara yang dekat dengan lokasi penelitian yaitu Gunung Klabat yang memiliki ketinggian 1895 m (BAPPEDA, 2016).

Keadaan geologi yang sangat unik di miliki Provinsi Sulawesi Utara terjadi akibat keberadaan tumbukan antara 2 *island arc* (Sangihe dan Halmahera) yang menumpang di atas lempeng laut Maluku. Sementara itu, di tempat-tempat lain di

bagian dunia ini lempeng benua bertumbukan dengan lempeng samudera. Hal ini menjadikan Sulawesi Utara memiliki keunggulan geologi yang unik untuk dijadikan daya tarik wisata tetapi juga sebagai pusat studi ilmu kebumihantropologi dibandingkan dengan daerah lainnya.



Gambar 2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian

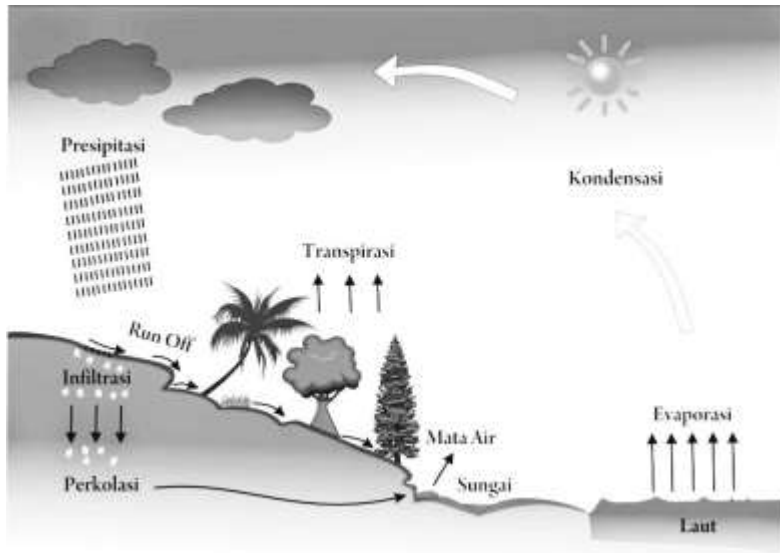
Berdasarkan Peta Geologi Bersistem Indonesia (1:250.000) yang diterbitkan oleh Puslitbang Geologi (1997), wilayah penelitian terdiri dari beberapa formasi antara lain:

1. Qal (Aluvium) : zona derajat kekuatan geologi teknik sangat rendah dibentuk oleh endapan alluvium (Qal) berupa lanau pasiran dan endapan pantai, bongkah, kerakal, kerikil, pasir dan lumpur. Formasi ini pada umumnya menempati pesisir pantai seperti di Nanasi, Boyongpante, Sidate dan Tawaang. Di daerah sepanjang pantai utara Bolaang Mongondow seperti Boroko, Bolangitang, Biontong, Batulintik, Lolak dan Lolan umumnya berupa alluvium dan endapan pantai. Di Kota Manado zona ini terdapat di pantai Tumumpa dan di pantai

- bagian utara Manado yang berhubungan dengan pantai di Kecamatan Wori (Kabupaten Minahasa Utara).
2. Qtv (Tufa Tondano): Klastika kasar gunung api, yang terutama berkomposisi andesit, tersusun dari komponen menyudut hingga menyudut tanggung, tercirikan oleh banyak pecahan batu apung; batu apung lapili, breksi, ignimbrite sangat padat, berstruktur aliran. Satuan ini membentuk punggung yang menggelombang rendah, tersebar paling banyak di daerah Manado, sekitar jalur jalan Tanahwangko – Amurang, daerah sekitar G. Lolombulan di Kecamatan Tenga dan Sinonsayang.
 3. Qv (Batuan Gunung api Muda): Lava, Bom, Lapili dan Abu; membentuk gunung api strato muda, antara lain, G. Soputan, G. Mahawu, G. Lokon, G. Klabat, G. Tangkoko; Lava yang dikeluarkan oleh G. Soputan dan G. Lokon terutama berkomposisi basal, sedangkan G. Mahawu dan G. Tangkoko berkomposisi andesit. Satuan ini paling banyak terdapat di daerah Minahasa dan Bitung (Efendi dan Bawono, 1996).

2.2. Hidrogeologi

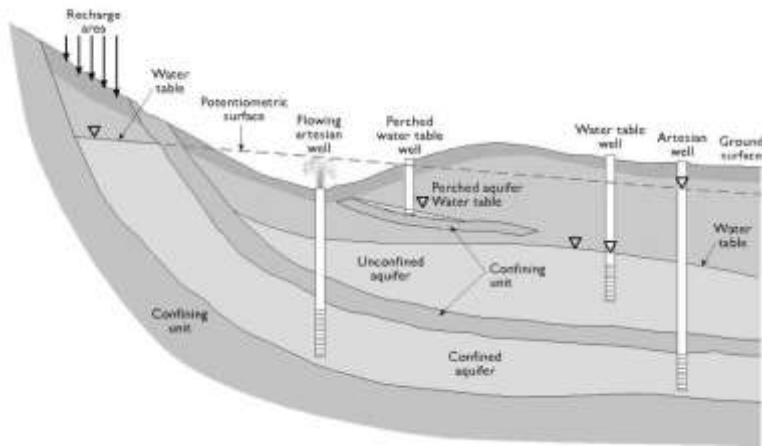
Secara estimologi hidrogeologi berasal dari kata hidro yang berarti air dan geologi yang berarti ilmu mengenai batuan. Hidrogeologi pada dasarnya membahas masalah air tanah dengan orientasi atau dasar geologi. Air tanah yang dimaksudkan adalah semua air yang terdapat di bawah permukaan tanah dan berada di dalam ruang antar-butir atau rekahan-rekahan serta celah-celah batuan pada zona jenuh air (*zone of saturation*). Pada dasarnya air tanah merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki sifat dapat diperbaharui, yaitu dengan terjadinya proses meresapnya air hujan di wilayah tadah. Sehingga air tanah merupakan bagian dari siklus hidrologi (Gambar 2.1).



Gambar 2.2 Siklus Hidrogeologi

Air hujan yang turun di suatu daerah dan jatuh di permukaan tanah, sebagian akan menguap kembali ke udara dan sebagian akan mengalir sebagai air permukaan mengisi danau, bendungan, rawa, ataupun melalui sungai menuju ke laut, dan sebagian yang lain akan meresap kedalam tanah melalui rekah-rekah atau rongga antar-butir yang terdapat di dalam batuan dan terakumulasi menjadi air tanah, baik sebagai air tanah tak-tertekan (bebas) maupun air tanah tertekan. Jadi air hujan memiliki peran yang sangat penting dalam proses terbentuknya air tanah karena berfungsi sebagai pengisi cadangan air tanah yang ada di suatu daerah. Peresapan air hujan ke dalam tanah itu sendiri dipengaruhi oleh faktor geologi antara lain stratigrafi, morfologi, struktur, dan sifat fisik batuan dasar dan tanah permukaan, serta faktor non-geologi antara lain penggunaan lahan yang dalam hal ini vegetasi penutupnya, iklim, dan intensitas

curah hujan. Air tanah yang terbentuk dari peresapan air hujan tersebut, akan mengalir secara lateral karena gaya beratnya dari daerah peresapan (tadah) di daerah pegunungan menuju daerah pelepasan melalui lapisan-lapisan *aquifer*. Di beberapa tempat, sebagian dari air tanah yang mengalir dapat pula muncul kembali secara alami menuju permukaan tanah sebagai rembesan ataupun sebagai mata air serta oleh usaha manusia melalui pembuatan sumur.



Gambar 2.3 Beberapa Jenis Sistem *Aquifer*

Menurut Suharyadi (2004), berdasarkan tempat terjadinya dan kedudukan lapisan pembawa airnya, air tanah dibedakan menjadi 2 yaitu air tanah tak-tertekan dan air tanah tertekan. Air tanah tak-tertekan (*unconfined aquifer*) terdapat pada suatu lapisan pembawa air (*aquifer*) yang dibagian atasnya tidak tertutup oleh lapisan dengan permeabilitas tinggi atau dengan kata lain *aquifer* dengan sistem seperti ini memiliki permukaan langsung dengan muka air tanah. Karena lapisan penutup ini memiliki permeabilitas tinggi, maka tekanan hidrostatik pada muka air tanah sama dengan tekanan udara luar. Pada umumnya

kategori air tanah seperti ini, memiliki pola persebaran air tanah secara lateral dan mengikuti bentuk topografi setempat.

Sedangkan untuk Air tanah tertekan (*confined aquifer*) terdapat pada lapisan *aquifer* yang diapit oleh lapisan dengan permeabilitas rendah. Sehingga pada kondisi ini air tanah tertekan memiliki tekanan hidrostatik lebih besar dari tekanan udara luar. Dan apabila dilakukan pengeboran, air tanahnya akan naik lebih tinggi dari pada kedudukan *aquifer* itu sendiri, dan sumur bornya disebut sumur artesis dimana air di dalam *aquifer* tersebut dapat naik menuju permukaan tanah tanpa dipompa sekalipun. Kandungan air tanah pada kategori air tanah tertekan ini tidak bergantung pada curah hujan. Persebaran air tanah jenis tertekan ini tidak mengikuti bentuk topografi setempat, namun cenderung mengikuti penyebaran litologi *aquifer*-nya (Sihwanto dan Arismundar, 1993).

2.3. Lapisan Pembawa Air Tanah (*Aquifer*)

Air tanah terdapat pada suatu lapisan pembawa air yang disebut sebagai *aquifer* yaitu suatu lapisan batuan yang mempunyai susunan sedemikian rupa sehingga dapat ditempati oleh air tanah serta mempunyai kemampuan untuk meneruskan air tanah dalam jumlah yang memadai di bawah kondisi lapangan. Berdasarkan jenis kesearangannya serta tingkat kelulusannya, litologi *aquifer* dapat dibedakan menjadi 3 sistem *aquifer* yaitu sistem *aquifer* dengan aliran melalui ruang antar-butir, sistem *aquifer* yaitu sistem *aquifer* dengan aliran melalui ruang antar-butir dan celahan, serta sistem *aquifer* yaitu sistem *aquifer* dengan aliran melalui rekahan, celahan, dan saluran (Todd, 1980).

2.3.1. Sistem *Aquifer* Dengan Aliran Melalui Ruang Antar Butir

Litologi *aquifer* yang termasuk dalam sistem ini adalah alluvium dan endapan pantai. Alluvium dan endapan pantai ini terdiri dari bahan lepas berukuran kerakal, kerikil, pasir, lumpur, dan lanau.

2.3.2. Sistem *Aquifer* Dengan Aliran Melalui Ruang Antar Butir Dan Celahan

Litologi *aquifer* yang termasuk dalam sistem ini dibagi menjadi 5 bagian, yaitu:

- Hasil gunung api muda yang terdiri atas lava andesit dan basal, breksi, aglomerat, tufa, dan pasir gunung api. Kelulusan sangat bervariasi, namun umumnya sedang hingga tinggi terutama pada tufa, pasir gunung api, dan leran lava dengan lubang-lubang gas.
- Hasil Gunung api muda yang terdiri atas lava andesit, aglomerat, breksi, dan tufa pasir, terseling tufa batu apung atau breksi batu apung. Kelulusan umumnya sedang hingga rendah kecuali pada bagian yang terlapukkan mempunyai kelulusan yang tinggi.
- Formasi Laka yang terdiri atas tufa berselingan dengan pasir tufa, sersipan batu gamping pasir tufa. Sifat fisik litologi ini padat dan padu kecuali pada bagian terlapukkan sehingga umumnya memiliki kelulusan yang rendah.
- Formasi Kiro yang terdiri atas breksi, lava basal dan andesit, tufa pasir, dan batu pasir tufa. Sifat fisik litologi ini kompak dan padu, kecuali pada bagian yang terlapukkan sehingga umumnya memiliki kelulusan yang rendah.
- Formasi Tanahau yang terdiri atas lava dasit, breksi, tufa, lava riolit, dan tufa kaca. Sifat fisik litologi ini padat, kompak,

pejal, padu, dan keras sehingga pada umumnya memiliki kelulusan yang rendah

2.3.3. Sistem *Aquifer* Dengan Aliran Melalui Rekahan, Celahan, dan Saluran

Litologi yang termasuk dalam sistem *aquifer* inidibedakan menjadi 3 bagian, antara lain:

- Batu gamping koral, merupakan batu gamping yang terbentuk oleh karang pantai yang terangkat. Sifat fisik litologi ini pejal dan tidak berlapis, tetapi adanya banyak rekahan dan lubang-lubang pelarutan. Sehingga pada umumnya memiliki kelulusan yang sedang hingga tinggi.
- Formasi Weihekan, terusun atas batu gamping tufaan dan batu gamping pasir kasar. Sifat fisik litologi ini padat, berlapis, dan padu. Sehingga umumnya memiliki kelulusan rendah sampai sedang.
- Granit, Granodiorit, dan Diorit kuarsa yang merupakan batuan beku terobosan. Sifat fisik litologi tersebut, untuk granit padat, kompak, dan terkekaran; untuk Grandiorit padat, kompak, dan bersifat porfir; serta untuk Diorit Kuarsa padat dan kompak. Sehingga umumnya memiliki kelulusan yang rendah.

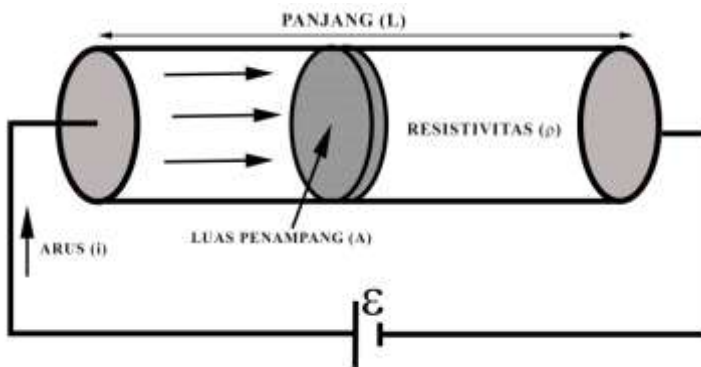
2.4. Teori Resistivitas Material

George Ohm telah mendefinisikan bahwa arus I , sebanding dengan beda tegangan V , untuk material ohmic. Konstanta hubungan sebanding ini disebut resistansi material dengan satuan volt/ampere, atau ohm atau dapat ditulis:

$$R = \frac{V}{I} \leftrightarrow V = I \cdot R \quad (2.1)$$

Resistivitas memiliki pengertian yang berbeda dengan resistansi (hambatan), dimana resistansi tidak hanya bergantung pada bahan tetapi juga bergantung pada faktor geometri atau

bentuk bahan tersebut, sedangkan resistivitas tidak bergantung pada faktor geometri. Aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik di alirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut. Aliran listrik ini juga di pengaruhi oleh sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang di lewatinya. Salah satu sifat atau karakteristik batuan tersebut adalah resistivitas (tahanan jenis) yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan arus listrik. Semakin besar nilai resistivitas suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut menghantarkan arus listrik, begitu pula sebaliknya (Telford, 1990).



Gambar 2.4 Aliran Arus Pada Konduktor Silinder

Jika suatu konduktor silinder dengan panjang L , dan luas penampang A , maka Resistansi dapat dirumuskan:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.2)$$

Di mana secara fisis rumus tersebut dapat di artikan jika panjang silinder konduktor (L) dinaikkan, maka resistansi akan meningkat, dan apabila diameter silinder konduktor diturunkan yang berarti luas penampang (A) berkurang maka resistansi juga

meningkat. Dimana ρ adalah *resistivity* (tahanan jenis) dalam Ωm . Maka dari persamaan Hukum Ohm (Pers 2.1) diperoleh hubungan yaitu:

$$\rho = \frac{AV}{IL} \quad (2.3)$$

Untuk sifat konduktivitas material didefinisikan sebagai kebalikan dari sifat resistivitas meterial, atau dapat di tulis secara matematis:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{IL}{AV} = \frac{J}{E} \quad (2.4)$$

Dimana J adalah rapat arus (Ampere/m^2) dan E adalah medan listrik (Volt/m). Maka untk medan yang homogen, Hukum Ohm dapat ditulis menjadi:

$$J = \sigma E \quad (2.5)$$

Material bumi memiliki karakteristik fisika yang bervariasi, dari sifat porositas, permeabilitas, kandungan fluida dan ion-ion didalam pori-porinya, sehingga material Bumi memiliki variasi harga resistivitas. Pada mineral-mineral logam, harganya berkisar pada $10^{-8} \Omega\text{m}$ hingga $10^7 \Omega\text{m}$. Begitu juga pada batuan-batuan lain, dengan komposisi yang bermacam-macam akan menghasilkan range resistivitas yang bervariasi pula. Sehingga range resistivitas maksimum yang mungkin adalah dari $1,6 \times 10^{-8}$ (perak asli) hingga $10^{16} \Omega\text{m}$ (belerang murni) (Software, 2010).

Konduktor biasanya didefinisikan sebagai bahan yang memiliki resistivitas kurang dari $10^{-8} \Omega\text{m}$, sedangkan isolator memiliki resistivitas lebih dari $10^7 \Omega\text{m}$. Dan di antara keduanya adalah bahan semikonduktor. Di dalam konduktor berisi banyak elektron bebas dengan mobilitas yang sangat tinggi. Sedangkan pada semikonduktor, jumlah elektron bebasnya lebih sedikit. Isolator dicirikan oleh ikatan ionik sehingga elektron-elektron valensi tidak bebas bergerak. Secara umum, berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan dan mineral dapat dikelompokkan

menjadi tiga, yaitu konduktor baik ($10^{-8} < \rho < 1 \Omega m$), konduktor pertengahan ($1 < \rho < 10^7 \Omega m$), dan isolator ($\rho > 10^7 \Omega m$).

Faktor-faktor yang menyebabkan resistivitas batuan meningkat antara lain pori-pori terisi oleh fluida, peningkatan salinitas fluida, adanya rekahan pada batuan yang dapat memberikan jalan untuk aliran fluida, terdapat mineral clay, menjaga agar kandungan fluida tetap, tetapi meningkatkan hubungan antar pori-pori. Sedangkan faktor-faktor yang menyebabkan resistivitas batuan menurun yaitu berkurangnya pori-pori fluida, salinitas rendah, kompaksi (jalan untuk aliran arus berkurang), litifikasi (pori-pori terblokir dengan deposit mineral), menjaga agar kandungan fluida tetap, tetapi menurunkan hubungan antara pori-pori.

Jika batuan memiliki mineral clay, maka akan terjadi konduksi *elctrical double layer* yang terbentuk pada hubungan mineral clay dengan air. Secara efektif ion-ion bergerak dengan mobilitas tinggi dibanding pada fasa cair. Aliran arus juga dapat terjadi karena konduksi secara elektrolitik. Sebagian besar batuan merupakan konduktor yang buruk dan memiliki resistivitas yang sangat tinggi. Namun pada kenyataannya batuan biasanya bersifat *porous* dan memiliki pori-pori yang terisi oleh fluida, terutama air. Akibatnya batuan-batuan tersebut menjadi konduktor elektrolitik, di mana konduksi arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolitik dalam air. Konduktivitas dan resistivitas batuan porus bergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Resistivitas akan semakin kecil jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak, dan sebaliknya resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang. Berdasarkan hubungan tersebut, dapat diketahui saturasi air yang terkandung dalam batuan berdasarkan Hukum Archie yaitu:

$$\rho_e = \phi^{-m} S^{-n} \rho_w \quad (2.6)$$

dimana ρ_e adalah resistivitas batuan, ϕ adalah porositas, S adalah fraksi pori-pori yang berisi air, dan ρ_w adalah resistivitas air. Sedangkan a , m , dan n adalah konstanta. m disebut juga faktor sementasi (Menke, 1984).

Kebanyakan mineral membentuk batuan penghantar listrik yang tidak baik walaupun beberapa logam asli dan grafit dapat menghantarkan listrik. Resistivitas yang terukur pada material bumi utamanya ditentukan oleh pergerakan ion-ion bermuatan dalam pori-pori fluida. Variasi resistivitas material bumi ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 2.1 Nilai Resistivitas Material Bawah Permukaan Bumi

Material	Resistivity (Ωm)	Material	Resistivity (Ωm)
Pirit	0,001-100	<i>Shales</i> (Batu Tulis)	20 – 20.000
Kuarsa	500 – 800.000	Pasir	1 – 1.000
Kalsit	$10^{12} - 10^{13}$	Lempung	1 – 100
<i>Rock Salt</i> (Garam Batu)	$30 - 1 \times 10^{13}$	Air Tanah	0,5 – 300
Granit	200 – 100.000	Air Laut	0,2
Andesit	$1,7 \times 10^2 - 45 \times 10^4$	Magnetit	0,01 – 1.000
Basal	200 – 100.000	Kerikik Kering	600 – 10.000
Gamping	500 – 10.000	Aluvium	10 – 800
Batu pasir	200 – 8000	Kerikil	100 – 600

2.5. Metode Resistivitas

Metode geolistrik adalah salah satu metode eksplorasi bidang geofisika yang memanfaatkan sifat kelistrikan dan lapisan bumi. Beberapa metode geolistrik yang telah diaplikasikan di antaranya adalah metode polarisasi imbas (*induced polarization*, IP), metode potensial diri (*self potential*, sp) dan metode geolistrik tahanan jenis (*resistivity*) (Santoso, 2004).

Metode resistivitas atau dalam kata lain geolistrik tahanan jenis adalah metode yang bersifat dinamik. Sifat dinamik ini dapat diartikan bahwa metode ini menggunakan gangguan aktif melalui media elektroda arus berupa injeksi arus yang dipancarkan ke bawah permukaan bumi. Sehingga menimbulkan gejala fisis berupa beda nilai resistivitas material di bawah permukaan dan akan ditangkap oleh elektroda potensial (Bahri, et al., 2015).

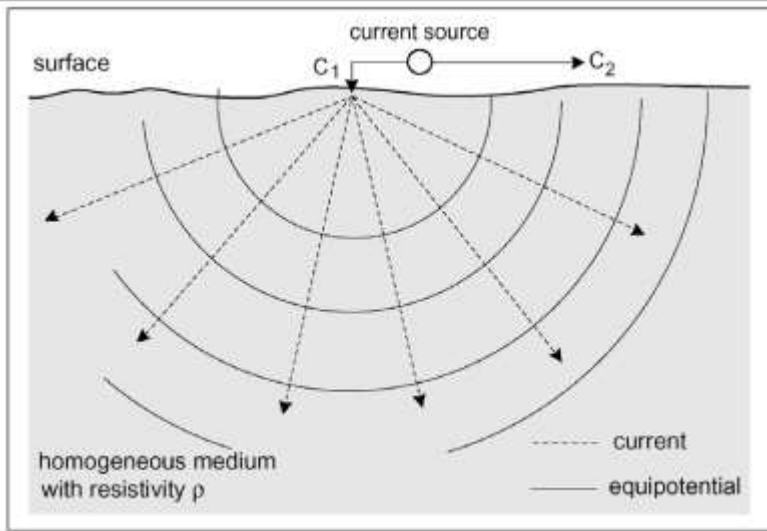
Metode resistivitas ini dikategorikan menjadi dua bagian, yaitu metode resistivitas *mapping* dan *sounding*. Metode resistivitas digunakan untuk membedakan material di dalam bumi berdasarkan perbedaan kemampuannya mengkonduksi arus listrik. Metode ini juga merupakan salah satu metode geofisika non-destruktif yang mampu diaplikasikan dengan ramah lingkungan. Kelebihan metode geolistrik adalah mampu digunakan untuk investigasi dalam jangka waktu panjang, karena metode ini hanya dipengaruhi sedikit faktor luar seperti hujan. Dengan demikian proses pengukuran di lapangan dapat dilakukan untuk musim yang berbeda (Herawati, et al., 2014).

2.6. Prinsip Dasar Metode Resistivitas

Diasumsikan bumi homogen, yang memiliki resistivitas yang seragam (ρ). Misalkan kemudian diinjeksikan arus $+I$ pada titik C1, yang akan mengalir secara radial setengah bola di dalam

bumi. Sehingga equipotensial dibelahan tadi akan dipusatkan di titik C1 (gambar 2.5). Persamaan (2.3) di daerah antara dua belahan titik yang konsentris pada jarak r dan $r+dr$, potensial diantara jarak belahan bumi adalah:

$$-dV = \frac{I\rho}{2\pi r^2} dr \quad (2.7)$$



Gambar 2.5 Aliran Arus di Dalam Bumi Dari Sumber Tunggal

Dan hasil integrasi Persamaan (2.7) diperoleh potensial pada jarak r dari elektroda arus yaitu:

$$V_r = \int dV = - \int \frac{I\rho}{2\pi r^2} dr = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad (2.8)$$

Jika ada dua elektroda arus dipermukaan sumber $+I$ di titik A dan $-I$ di titik B (gambar 2.6). Potensial V_C pada elektroda C adalah potensial total dari V_A dan V_B dari sumber arus A dan B. Maka:

$$V_C = V_A + V_B \quad (2.9)$$

Dari Persamaan (2.8), Persamaan (2.9) menjadi:

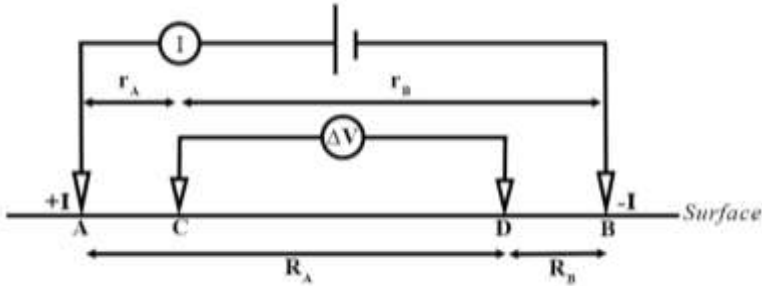
$$V_C = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right) \quad (2.10)$$

Dan dengan cara yang sama untuk elektroda D, diperoleh:

$$V_D = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{R_A} - \frac{1}{R_B} \right) \quad (2.11)$$

Dan potensial diantara elektroda C dan elektroda D menjadi:

$$\Delta V = V_C - V_D = \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right) - \left(\frac{1}{R_A} - \frac{1}{R_B} \right) \right\} \quad (2.12)$$



Gambar 2.6 Konfigurasi Elektroda Yang Umum Digunakan Untuk Pengukuran Resistivitas

Sehingga nilai resistivitasnya yaitu:

$$\rho = \frac{2\pi\Delta V}{I \left\{ \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right) - \left(\frac{1}{R_A} - \frac{1}{R_B} \right) \right\}} = k \cdot R \quad (2.13)$$

Dimana R adalah resistansi dalam (Volt/Ampere), dan k adalah faktor geometri yang nilainya:

$$k = \frac{2\pi}{\left\{ \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right) - \left(\frac{1}{R_A} - \frac{1}{R_B} \right) \right\}} \quad (2.14)$$

Faktor geometri (k) bergantung pada posisi semua empat titik (posisi elektroda dalam penelitian).

Metode geolistrik adalah salah satu metode geofisika yang didasarkan pada penerapan konsep kelistrikan pada masalah kebumian. Tujuannya adalah untuk memperkirakan sifat

kelistrikan medium atau formasi batuan bawah permukaan terutama kemampuannya untuk menghantarkan atau menghambat listrik (konduktivitas atau resistivitas).

2.7. Konduktifitas Kelistrikan Batuan

Pengetahuan dasar tentang sifat kelistrikan suatu batuan menjadi penting dalam ilmu geofisika. Hal ini menjadi penting karena berkaitan dengan metode pengukuran bawah permukaan untuk mengetahui sifat kelistrikan suatu formasi atau anomali bawah permukaan. Metode ini dikenal dengan geolistrik atau kelistrikan bumi. Sehingga dapat kita ketahui bersama bahwa aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat di golongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik.

2.7.1. Konduktivitas Secara Elektronik

Konduksi elektronik ini terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik di alirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut. Aliran listrik ini juga dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang dilewatinya. Salah satu sifat atau karakteristik batuan tersebut adalah resistivitas (tahanan jenis) yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan arus listrik. Semakin besar nilai resistivitas suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut menghantarkan arus listrik, begitu pula sebaliknya.

2.7.2. Konduktivitas Secara Dielektrik

Konduksi ini terjadi jika bebatuan atau mineral bersifat dielektrik terhadap aliran arus listrik, artinya batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit, bahkan tidak sama sekali. Elektron dalam batuan berpindah dan berkumpul terpisah

dalam inti karena adanya pengaruh medan listrik di luar, sehingga terjadi polarisasi.

2.7.3. Konduktivitas Secara Elektrolitik

Sebagian besar batuan merupakan konduktor yang buruk dan memiliki resistivitas yang sangat tinggi. Namun pada kenyataannya batuan biasanya bersifat porous dan memiliki pori-pori yang terisi oleh suatu fluida, terutama air. Akibat dari terisinya pori-pori oleh air batuan-batuan tersebut menjadi konduktor elektrolitik, dimana konduksi arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolitik dalam air. Konduktivitas dan resistivitas batuan pori bergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang dan sebaliknya konduktivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak (Telford, 1990).

2.8. Marquardt's Inversion

Menurut Hendra Grandis (2009), untuk mengetahui model hasil pengukuran data lapangan pada metode Geofisika dapat dilakukan melalui proses permodelan secara kuantitatif. Proses ini salah satunya dapat dilakukan dengan *inverse modelling* atau pemodelan inversi dimana proses inversi ini merupakan suatu kesatuan metode matematis untuk memperoleh informasi mengenai suatu sistem fisika berdasarkan data observasi terhadap sistem tersebut (Menke, 1984).

Pada banyak kasus inversi geofisika, solusi model yang diperoleh tidak memiliki nilai eksak yaitu model yang menghasilkan error sama dengan nol. Maka dari itu dilakukan optimasi untuk mendapatkan solusi model terbaik. Levenberg dan Marquardt (1970) menggabungkan metode pencarian solusi model *Damped Least Square* dengan metode iterasi gradien pada saat awal iterasi dan saat solusi semakin dekat digunakan metode

Gauss-Newton. Metode kombinasi ini memiliki persamaan matematis fungsi objektif sebagai berikut:

$$f(m) = (d_{est} - d_{obs}) + \varepsilon^2 [(\Delta m)^T (\Delta m)] \quad (2.15)$$

Dimana

$$\Delta m = m_{n+1} - m_n \quad (2.16)$$

dengan m_n : parameter model referensi, m_{n+1} : Parameter model, dan d : Martiks Data

Menurut Supriyanto (2007), untuk memperoleh solusi model m terbaik Persamaan 2.15 diturunkan terhadap parameter model m yang hasilnya sama dengan nol. Sehingga diperoleh solusi parameter model yaitu:

$$m_{n+1} = m_n + [J^T J + \varepsilon^2 I]^{-1} J^T (d - G m_n) \quad (2.16)$$

Dengan J : Matriks Jacobian ($M \times N$), ε^2 : faktor redaman (Marquardt), I : Matriks Identitas, serta G : matriks fungsi non linier ($M \times N$) (Grandis, 2009).

Penambahan suatu bilangan relatif kecil (faktor redaman) ε^2 pada Persamaan 2.15 berguna untuk menstabilkan proses inversi pada matriks tersebut. Sebagai contoh pada proses inversi menggunakan algoritma eliminasi Gauss-Jordan, pada proses tersebut terdapat pivoting untuk memperoleh elemen diagonal bernilai satu dan nol untuk elemen yang lain. Jika elemen diagonal sangat kecil dan mendekati nol, maka proses pivoting akan menghasilkan bilangan yang sangat besar dan proses inversi menjadi tidak stabil. Sehingga adanya parameter ε^2 berguna untuk meredam ketidakstabilan pada proses inversi (Grandis, 2009). Selain itu menurut Snieder & Trampert (1999), adanya faktor redaman tersebut juga berguna untuk mengontrol kemungkinan singularitas matriks yang bisa saja terjadi pada proses inversi.

Secara umum, tahapan proses inversi pada persamaan 2.16 yaitu saat awal iterasi digunakan faktor redamanyang cukup besar

sehingga elemen diagonal menjadi dominan (metode iterasi gradien). Apabila perturbasi model (Δm) menghasilkan fungsi objektif (Δf) lebih rendah berarti mendekati solusi dan faktor redaman diperkecil dan langkah selanjutnya adalah metode iterasi Gauss-Newton. Begitupun sebaliknya, jika fungsi obyektif meningkat maka faktor redaman diperbesar supaya kembali menerapkan metode iterasi gradient. Metode optimasi ini memiliki kelebihan yaitu cepat dalam memperoleh nilai yang konvergen (Grandis, 2009).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Peralatan

Dalam penelitian ini digunakan beberapa alat pendukung untuk memperoleh hasil penelitian, antara lain satu set alat Resistivity meter *Campus Tigre* yang digunakan untuk mengukur nilai resistivitas bawah permukaan di wilayah obesrvasi, GPS (*Global Positioning System*) untuk menentukan posisi tiap titik pengukuran, Meteran digunakan untuk mengukur panjang lintasan pengukuran, dan palu geologi digunakan untuk menanam elektroda arus maupun potensial.



(a) alat resistivity meter *Campus Tigre*



(b) GPS



(c) Meteran



(d) Palu Geologi

Gambar 3.1 Peralatan Pengukuran Metode Resistivitas

3.2. Prosedur Kerja

Untuk mengetahui posisi dan persebaran air tanah dalam *aquifer* di daerah penelitian dengan menggunakan metode resistivitas 2 dimensi, dilakukan prosedur kerja (Gambar 3.3) yang harus secara sistematis dilakukan antara lain:

- Studi Literatur

Prosedur awal yang harus dilakukan pada penelitian ini yaitu studi literatur. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan literatur yang berhubungan dengan kondisi geologi Manado, ilmu air tanah, hidrogeologi, sifat kelistrikan material bawah permukaan bumi, metode resistivitas, dan ZondRes2d.

- Survey Awal

Pada tahapan selanjutnya setelah mengumpulkan literatur yang berkaitan dengan penelitian ini, kemudian dilakukan prosedur selanjutnya yaitu survey awal untuk mendapatkan informasi mengenai kondisi geologi dan menentukan titik-titik elektroda sepanjang lintasan pengukuran dengan menggunakan GPS (*Global Positioning System*).

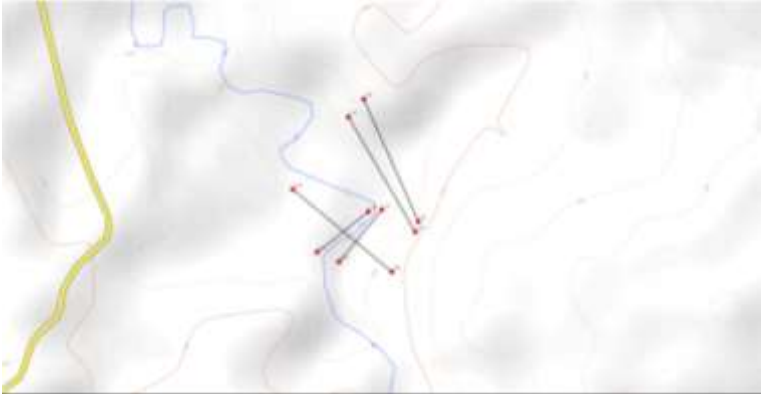
- Pengukuran Data Lapangan

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan di kecamatan Airmadidi, Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara. Pemetaan resistivitas 2 dimensi dilakukan pada 5 lintasan pengukuran (Gambar 3.2) dengan panjang lintasan adalah 150m untuk L1, 150m untuk L2, 300m untuk L3, 300m untuk L4, dan 300m untuk L5 dengan spasi terkecil 5m dan nilai “n” yaitu 10 untuk L1 dan L2, sedangkan “n” 20 untuk L3, L4, dan L5.

- Perhitungan ρ_{app} hasil observasi dengan Ms. Excel

Dari data hasil pengukuran lapangan, diperoleh data berupa nilai R untuk masing-masing spasi dan masing-masing “n” di

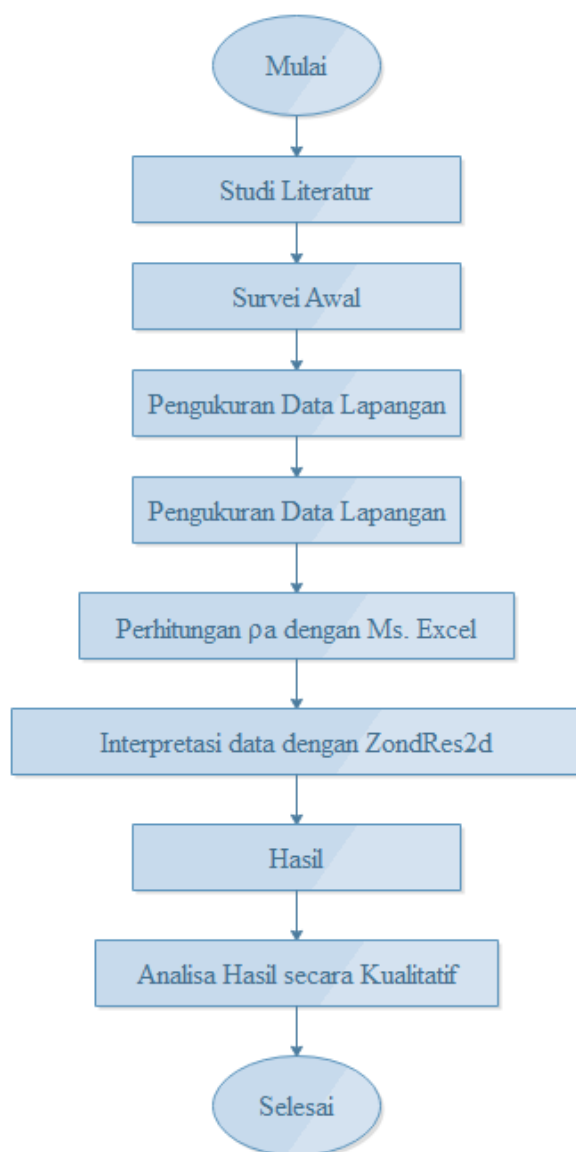
sepanjang lintasan pengukuran. Pada tahap ini, dilakukan perhitungan resistivitas semu (*apparent resistivity* ρ_{app}) hasil observasi dengan menggunakan Persamaan (2.13).



Gambar 3.2 Desain Lintasan Pengukuran

- Interpretasi data dengan ZondRes2d

Tahap interpretasi data hasil pengukuran (observasi) dengan menggunakan *software* ZondRes2d merupakan tahap pemodelan penampang persebaran resistivitas pada tiap-tiap lintasan dengan melibatkan proses inversi di dalamnya. Pemilihan metode inversi akan sangat menentukan hasil penampang persebaran resistivitas hasil perhitungan (*calculated resistivity*). Pada proses pengolahan data penelitian ini digunakan inversi dengan faktor peredam (*damping factor*) atau banyak dikenal dengan metode Marquardt. Pada bagian ini juga terdapat proses pemodelan 2 dimensi penampang persebaran resistivitas yaitu dengan memasukkan parameter elevasi tiap titik elektroda yang diperoleh saat pengukuran data lapangan.



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

- Analisa Hasil secara Kualitatif

Penampang persebaran nilai resistivitas tiap lintasan pengukuran yang diperoleh dari tahap sebelumnya, selanjutnya dilakukan analisa secara kualitatif dengan membandingkan hasil tersebut dengan kondisi geologi wilayah penelitian serta dengan mengkorelasikan sifat-sifat air tanah yang berada di bawah permukaan. Sehingga dapat diketahui posisi dan persebaran air tanah dalam *aquifer* di wilayah penelitian dengan menggunakan metode resistivitas 2 dimensi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

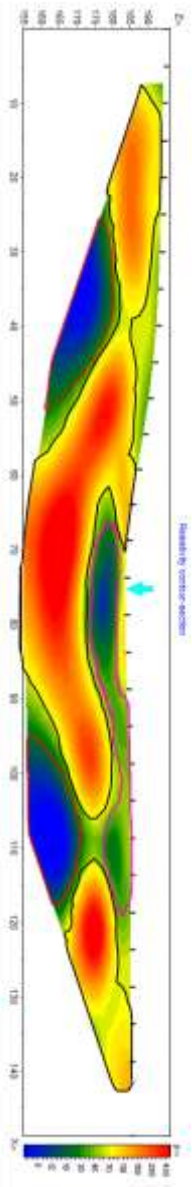
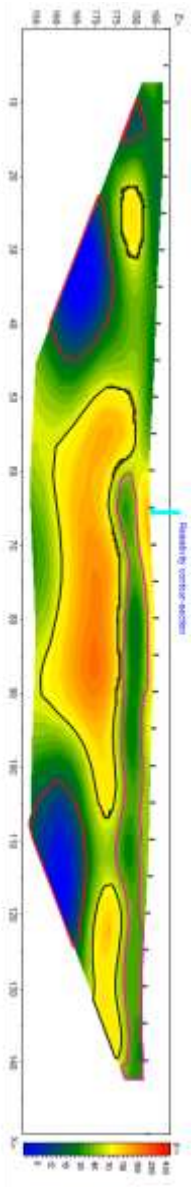
Pada penelitian ini diperoleh hasil berupa penampang persebaran nilai resistivitas untuk masing-masing lintasan pengkuruan. Dimana nilai tersebut diperoleh dari proses inversi data observasi dengan menggunakan perangkat ZondRes2D yang di dalamnya terdapat proses pemodelan dengan inversi Marquardt. Hasil pemodelan penampang persebaran nilai resistivitas tiap lintasan antara lain:

4.1. Lintasan 1

Hasil pengolahan data lapangan pada lintasan 1 ditunjukkan pada Gambar 4.1 (atas). Dimana pada gambar tersebut menunjukkan persebaran nilai resistivitas bawah permukaannya yang selanjutnya digunakan untuk mengidentifikasi *aquifer* pada lintasan ini.

Pada lintasan 1 terdapat titik bekas semburan sumur artesian yang telah dihentikan pada jarak 65 m yang disebabkan karena adanya pengeboran pondasi pipa penyangga jalan tol. Adanya semburan artesian ini di indikasikan karena terdapat sisteem *aquifer* tertekan dibawah permukaan lintasan 1. Gambar 4.1 (atas) terlihat posisi dan kedalaman *aquifer* yang dibatasi oleh garis berwarna ungu yaitu pada jarak 60 m-150 m dan pada kedalaman 5 m. *Aquifer* tersebut memiliki nilai resistivitas pada rentang 17 Ω m- 33 Ω m.

Aquifer pada lintasan ini di indikasikan muncul karena terdapat sistem *aquifer* tertekan dibawahnya yang tertutup oleh lapisan impermeabel. Gambar 4.1 atas di indikasikan terdapat lapisan impermeabel yang dibatasi garis berwarna hitam dan merah yang terdiri dari 2 jenis material impermeabel. Material impermeabel pertama memiliki nilai resistivitas tinggi yang



terletak pada rentang 70 Ω m-180 Ω m (warna kuning hingga kemerahan) dan kemungkinan merupakan lapisan batuan yang tersusun atas batuan gunung api muda. Dimana material tersebut memiliki tingkat kelulusan yang rendah. Material impermeabel kedua memiliki nilai resistivitas rendah yang terletak pada rentang nilai 5 Ω m-15 Ω m (warna biru). Material ini di indikasikan merupakan lapisan lempung yang memiliki porositas rendah dan memiliki sifat kelulusan yang sangat impermeabel serta bersifat konduktif.

Indikasi adanya *aquifer* tertekan yang terdapat pada lintasan ini kemungkinan terletak dibawah jangkauan kedalaman yang diperoleh dari permodelan data observasi. Sistem *aquifer* inilah yang diduga menyebabkan semburan artesis pada lintasan 1. Air tanah pada *aquifer* di lintasan ini kemungkan berasal dari *aquifer* tertekan yang terletak dibawah lapisan impermeabel. Air tanah tersebut bergerak menuju permukaan melalui batas antara lapisan impermeabel resistivitas tinggi dan resistivitas rendah yang selanjutnya terakumulasi di dalam *aquifer* (garis ungu) dan menyebabkan semburan artesis.

Berdasarkan kondisi topografi lintasan ini, aliran air tanah di duga berasal dari kiri menuju kanan karena elevasi pada bagian kiri lintasan memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan bagian kiri. Selain itu tepat disebelah lintasan ini juga terdapat sungai yang mengalir dari kiri ke kanan.

4.2. Lintasan 2

Hasil pengolahan data pada Lintasan 2 (Gambar 4.1 bawah) menunjukkan persebaran nilai resistivitas terendah yaitu 5 Ω m-450 Ω m. Pengambilan data pada lintasan 2 dilakukan sejajar dengan lintasan 1 untuk meperkirakan arah persebaran air tanah dalam *aquifer*. Selain pada lintasan 1, semburan sumur

artesian juga terdapat pada lintasan 2 yaitu pada jarak 75 m yang disebabkan oleh faktor yang sama yaitu adanya pengeboran pondasi pipa penyangga jalan tol. Namun pada lintasan 2 ini semburan air sudah habis dan ditimbun dengan tanah.

Pada Gambar 4.1 bawah, bekas semburan terletak pada jarak 70 m-120 m dengan nilai resistivitas $5 \Omega\text{m}$ - $30 \Omega\text{m}$ (warna biru hingga hijau) yang dibatas oleh garis berwarna ungu. Pada lintasan 2 di indikasikan terdapat *aquifer* tertekan yang berada pada kedalaman lebih dari 40 m dengan lapisan penutup (impermeabel) yang mirip dengan lintasan 1 yaitu lapisan yang tersusun atas batuan gunung api muda (garis hitam) yang memiliki tingkat kelulusan rendah dan bersifat resistif serta lapisan lempung (garis biru) yang kedap air namun memiliki resistivitas yang kecil.

Semburan artesis pada lintasan ini di duga disebabkan karena adanya pergerakan air tanah yang berasal dari sistem *aquifer* tertekan yang terletak dibawah lapisan impermeabel menuju permukaan melalui batas antara lapisan impermeabel yang tersusun atas tufa dan lapisan impermeabel yang tersusun atas lempung. Aliran air tanah ini di indikasikan terdapat pada jarak 90 m hingga 95 m dan pada kedalaman 30 m yang merupakan wilayah perbatasan antar-kedua lapisan impermeabel. Air tanah ini selanjutnya bergerak menuju atas lapisan impermeabel dan terakumulasi menjadi *aquifer*.

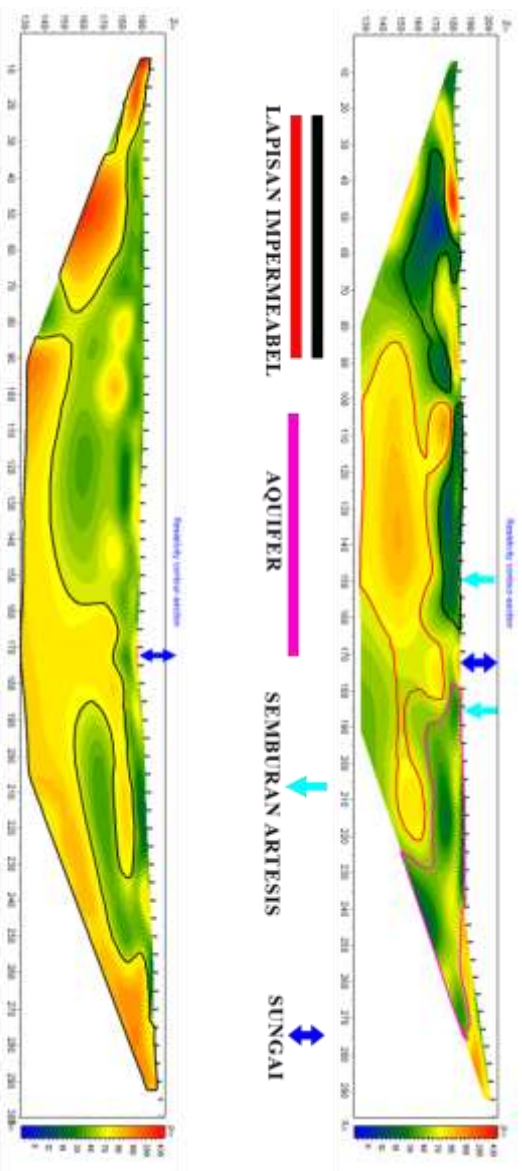
Gambar 4.1 bawah menunjukkan bahwa air tanah pada lintasan 2 diindikasikan mengalir dari bagian kiri menuju kanan dan terakumulasi di tengah lintasan yaitu pada jarak 75 m. Kondisi ini memiliki kemiripan dengan kondisi yang terdapat pada lintasan 1 yang dikarenakan perbedaan kondisi topografi di bagian kiri dan bagian kanan lintasan pengukuran.

4.3. Lintasan 3

Pengukuran pada lintasan 3 dilakukan memotong lintasan 1 dan lintasan 2 yang sejajar. Pada lintasan 3 ini, terdapat 2 titik semburan artesis yaitu pada jarak 150 m dan 185 m serta memotong sungai pada jarak 170 m–180 m. Berdasarkan hasil pengolahan data lapangan, diperoleh persebaran nilai resistivitas pada rentang 5 Ωm –450 Ωm . Titik semburan sumur artesian pada lintasan 3 dapat dilihat pada penampang bawah permukaan (Gambar 4.2 atas) pada jarak 150 m dan 185 m. Selain itu, pada jarak 170 m–180 m juga terlihat adanya nilai resistivitas yang besar yang berkisar antara 140 Ωm –180 Ωm yang merupakan lapisan batuan impermeabel namun memiliki nilai resistivitas yang tinggi yang terletak dibawah aliran sungai.

Pada lintasan ini di indikasikan terdapat *aquifer* tertekan yang tertutup oleh lapisan impermeabel yang tersusun atas 2 jenis material. Material ini memiliki kesamaan dengan material yang terdapat pada lintasan 1 dan lintasan 2 yaitu material impermeabel yang tersusun atas batuan gunung api muda (garis merah) dan tersusun atas lempung (garis hitam). Sistem *aquifer* inilah yang kemungkinan menyebabkan adanya semburan artesian pada lintasan 3.

Gambar 4.2 atas di indikasikan terdapat sistem *aquifer* yang terletak pada jarak 180 m– 270 m. *Aquifer* ini diduga mendapat suplai air tanah dari sistem *aquifer* tertekan di bawahnya. Selain itu, suplai air tanah pada *aquifer* ini juga di indikasikan berasal dari bagian kanan lintasan pengukuran yang memiliki nilai elevasi tinggi. Arah aliran air tanah pada lintasan ini kemungkinan berasal dari bagian kanan lintasan pengukuran menuju kiri lintasan.



Gambar 4.2 Penampang Persebaran Nilai Resistivitas Bawah Permukaan Lintasan 3 (atas) dan Lintasan 4 (bawah)

4.4. Lintasan 4

Pada lintasan 4 dilakukan pengukuran dengan panjang lintasan 300 m. Penampang persebaran nilai resistivitas bawah permukaan lintasan 4 dapat dilihat pada Gambar 4.2 bawah. Gambar tersebut menunjukkan lapisan bawah permukaan lintasan 4 berdasarkan perbedaan nilai resistivitasnya tiap kedalaman.

Pada lintasan ini di indikasikan terdapat *aquifer* tak tertekan dengan volume yang cukup besar. Hal ini dapat dilihat pada jarak 30 m-270 m dan pada kedalaman 10 m-30 m yang memiliki nilai resistivitas dominan antara 14 Ω m-85 Ω m. Pada sistem *aquifer* tak-tertekan ini di indikasikan tersusun atas alluvium. Lapisan yang terletak dibawah *aquifer* ini memiliki nilai resistivitas yang cukup besar dengan nilai antara 100 Ω m-450 Ω m yang kemungkinan merupakan lapisan kedap air (lapisan penutup) dan di indikasikan terususun atas material gunung api muda. Di bawah lapisan penutup yang kedap air inilah diduga terdapat sistem *aquifer* tertekan . Kondisi ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 bawah dimana pada jarak 70 m-85 m dan kedalaman 40 m terdapat persebaran nilai resistivitas yang mirip dengan sistem *aquifer* tak tetekan yang ada di atas lapisan penutup. Kondisi ini dapat di indikasikan terdapat rembesan air tanah yang menuju ke permukaan dan diduga berasal dari bawah lapisan penutup yang bergerak melalui lapisan impermeabel pada lintasan ini. Rembesan air tanah ini kemungkinan berasal dari sistem *aquifer* tertekan yang terletak di bawah lapisan impermeabel.

Berdasarkan kondisi topografi lintasan 4 ini, air tanah pada lintasan 4 di indikasikan berasal dari sisi kanan gambar 4.2 bawah menuju sisi kiri mengingat kondisi topografi lintasan 4 lebih tinggi bagian kanan dibandingkan dengan bagian kiri.

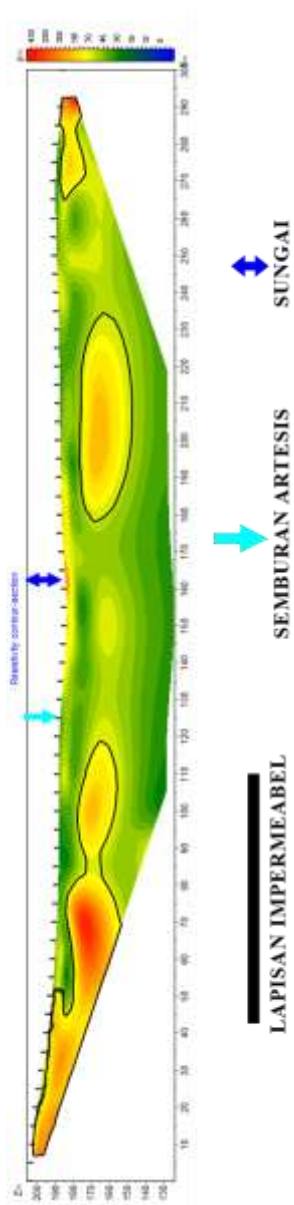
4.5. Lintasan 5

Pengukuran pada lintasan 5 dilakukan sejajar dengan lintasan 4. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sistem *aquifer* pada wilayah pengukuran meliputi jenis *aquifer* maupun persebaran air tanah yang terkandung dalam *aquifer* tersebut. Pada lintasan 5, terdapat semburan sumur artesian pada jarak 125 m (Gambar 4.3). Kondisi ini dapat dilihat pada Gambar 4.4 yang menunjukkan nilai resistivitas kecil yaitu $22 \Omega\text{m}$ dimana nilai ini termasuk dalam rentang nilai resistivitas air tanah.



Gambar 4.3 Semburan Artesis Lintasan 5 Pada Jarak 125 m

Lintasan 5 ini momotong aliran sungai pada jarak 160 m-170 m. Nilai resistivitas bawah permukaan aliran sungai ini terletak pada rentang $130 \Omega\text{m}$ - $180 \Omega\text{m}$. Lapisan bawah permukaan aliran sungai pada umumnya bersifat impermeabel/sulit untuk melewati fluida (air) sehingga air akan dapat terus mengalir tanpa meresap kedalam tanah.



Gambar 4.4 Penampang Persebaran Nilai Resistivitas Bawah Permukaan Lintasan 5

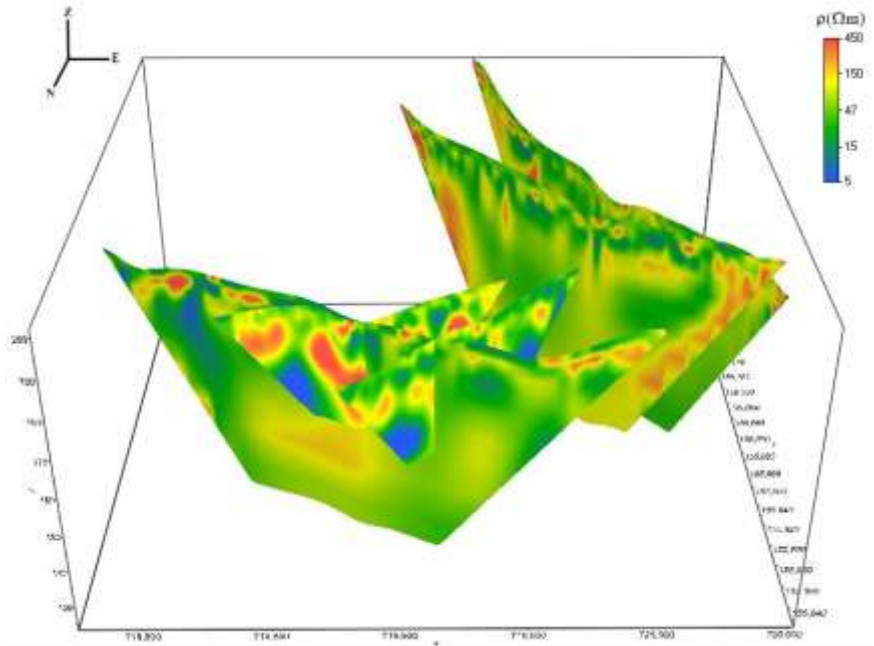
Gambar 4.4 di duga terdapat sistem *aquifer* tak-tertekan dengan volume yang cukup besar. Namun tidak sama dengan lintasan 4, pada lintasan 5 ini kemungkinan tidak terdapat *aquifer* tertekan. Munculnya semburan sumur artesian pada lintasan ini kemungkinan disebabkan bukan karena adanya *aquifer* tertekan dibawahnya namun diakibatkan karena perbedaan ketinggian muka air tanah pada titik semburan sumur artesian dengan muka air tanah pada titik yang menjadi daerah resapan/pengisian. Dimana daerah resapan pada lintasan 5 ini di indikasikan berasal dari Gunung Klabat yang posisinya terletak pada timur laut lintasan 5. Selain berasal dari daerah resapan, munculnya semburan sumur artesian pada lintasan 5 juga diakibatkan karena adanya aliran air tanah kemungkinan yang berasal dari lintasan 4. Dimana pada lintasan 4 terdapat sistem *aquifer* tertekan yang berada pada kedalaman dibawah 60 m. Mengingat aliran air sungai yang terletak di wilayah pengukuran lintasan 5 berasal dari arah barat daya menuju timur laut. Sehingga pada lintasan 5 ini air tanah di indikasikan berasal dari sisi kiri gambar 4.3 dan dari *aquifer* tertekan pada lintasan 4 lalu air tanah tersebut terakumulasi dibawah permukaan lintasan 5.

4.6. Korelasi Semua Lintasan Pengukuran

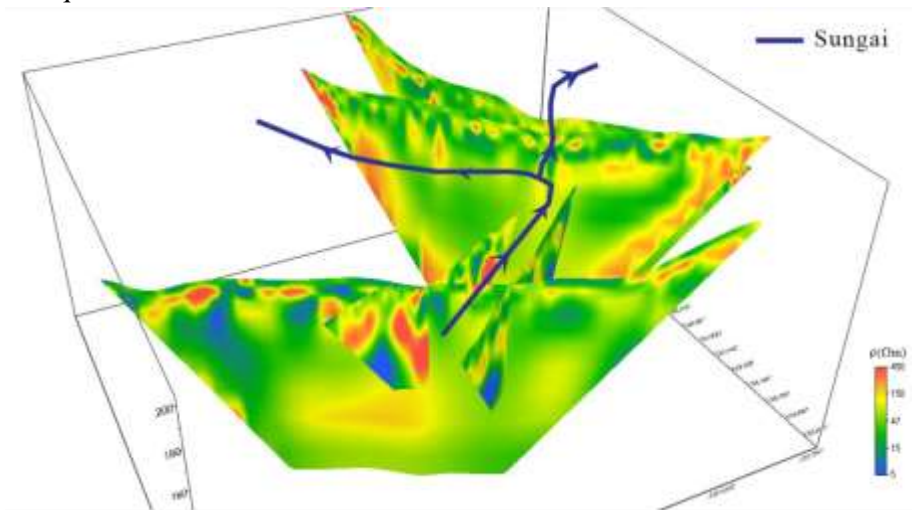
Setelah dilakukan analisa sistem *aquifer* dan arah aliran air tanah pada masing-masing lintasan pengukuran, selanjutnya semua lintasan dikorelasikan untuk mengetahui sistem *aquifer* dan arah persebaran air tanah di wilayah penelitian. Jangkauan kedalam pada lintasan 1 dan lintasan 2 berbeda dengan jangkauan kedalam pada lintasan 3,4, dan 5.

Dari kelima penampang tiap lintasan yang telah diperoleh, selanjutnya dilakukan korelasi untuk memperkirakan *aquifer* yang terdapat di wilayah penelitian. Pada Gambar 4.5

menunjukkan plot penampang bawah permukaan wilayah pengukuran secara keseluruhan dengan jangkauan kedalaman sesuai hasil obeservasi.



tanah yang terdapat aquifer tertekan ini bergerak menuju permukaan dan terakumulasi menjadi sistem aquifer tak-tertekan. Sebagian dari aquifer tak tertekan ini menimbulkan semburan artesian karena suplai air yang berasal dari aquifer tertekan terlalu banyak. Sehingga aquifer tak-tertekan yang terdapat dekat permukaan tidak mampu menampung air tanah yang berasal dari aquifer tertekan.



Gambar 4.5 3D Section Plot Aliran Sungai Tampak Barat Daya

Berdasarkan hasil analisa tiap lintasan, sitem *aquifer* tertutup terdapat pada lintasan 1, 2, 3, dan 4. Sedangkan pada lintasan 5 tidak terdapat *aquifer* tertekan. Aliran air tanah pada wilayah pengukuran diduga berasal dari arah barat daya hingga tenggara mengingat aliran sungai yang bergerak menuju timur laut serta kondisi topografi yang memiliki elevasi tinggi pada daerah tenggara. Selain itu, air tanah juga di identifikasikan berasal dari arah timur laut yang berasal dari area resapan (*recharge area*) dimana dari arah tersebut terdapat Gunung

Klabat yang merupakan wilayah resapan di daerah penelitian. Air tanah yang berasal dari wilayah-wilayah tersebut terakumulasi di bawah permukaan lintasan 5 yang didominasi oleh material permeabel. Kondisi inilah yang menyebabkan pada lintasan 5 terdapat semburan artesis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan, diketahui bahwa:

1. Wilayah pengukuran merupakan wilayah dengan *aquifer* yang menjadi tempat air tanah terakumulasi yang diduga berasal dari area resapan yaitu Gunung Klabat dan arah barat daya hingga tenggara.
2. Pada wilayah pengukuran terdapat sistem *aquifer* tak tertekan yang terletak dekat dengan permukaan (kedalaman 5 m) dan sistem *aquifer* tertekan pada kedalaman di bawah 70m.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar & Sihwanto, 1993. *Evaluasi Potensi Air Tanah Derah Maumere, Sikka, Flores, Nusa Tenggara Timur*, Bandung: Direktorat Geologi Tata Lingkungan.
- Bahri, A. S., Pandu GNR, J., Khoiridah, S. & Iswahyudi, A., 2015. Estimasi Cadangan Batu Gamping Di Desa Melirang, Kecamatan Bungah, Kabupaten Gresik Dengan Metode Resistivitas 2-Dimensi.. *Geosaintek*.
- BAPPEDA, 2016. *Praturan Daerah Provinsi Sulawesi Utara No. 3 Tahun 2016 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Provinsi Sulawesi Utara Tahun 2016-2021*, Manado: BAPPEDA SULUT.
- Effendi, A. C. & Bawono, S. S., 1996. *Peta Geologi Lembar Manado, Sulawesi Utara, Skala 1:250.000*. Bandung: Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi.
- Grandis, H., 2009. *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Bandung: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia.
- Herawati, Akmam & Sudiar, N. y., 2014. Penentuan Kedalaman Batuan Dasar Menggunakan Inversi Marquardt Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger Di Desa Kampung Manggis Kecamatan Padang Panjang Barat. *Pillar of Physics*, Volume IV, pp. 01-08.
- Iswahyudi, A., Prabawa, S. E., Nur, J. P. G. & Warnana, D. D., 2017. Pengukuran Geolistrik Tahanan Jenis untuk Menentukan Letak Akuifer Air Bawah Tanah (Studi Kasus : Kecamatan Airmadidi, Kabupaten Minahasa Utara). *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah X (ATPW)*.
- Iswahyudi, A., Warnana, D. D. & Hariyanto, T., n.d. Mapping Groundwater Potential Using Geographic Information System (GIS), Geoelectrical Resistivity and Very Low Frequency (VLF) In Wonotirto and Panggungrejo District, Blitar, Indonesia.

- Lashkaripour, G., 2003. An Investigation of Groundwater condition by geoelectrical resistivity methode: A case study in Korin aquifer, south east Iran. *Journal of Spatial Hydrology*, Volume 3.
- Menke, W., 1984. *Geophysical Data Anlysis: Discrete Inverse Theory*. s.l.:Academic Press.
- Santoso, D., 2004. *Eksplorasi Energi Geothermal*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Snieder, R. & Trampert, J., 1999. *Inverse Problem in Geophysics*. Nethrlands: Dept. of Geophysics, Utrecht University.
- Software, G., 2010. *res2dinv ver.3.59 for windows xp/vista/7*, Malaysia: Geotomo Software.
- Suharyadi, 1984. *Geohidrologi (Ilmu Air Tanah)*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada.
- Supriyato, S., 2007. *Analisis Data Geofisika: Memahami teori inversi*. Depok: Universitas Indonesia.
- Telford, W. M., 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. s.l.:Cambridge University.
- Todd, D. K., 1980. *Ground Water Hydrology 2nd Edition*. New York: John Willey & Sons Inc.
- Zondres2d, n.d. *program for two-dimenional interpretation of data obtained by resistivity and induced polarization methods (land, borehole and marine variants)*, s.l.: zondres2d manual.

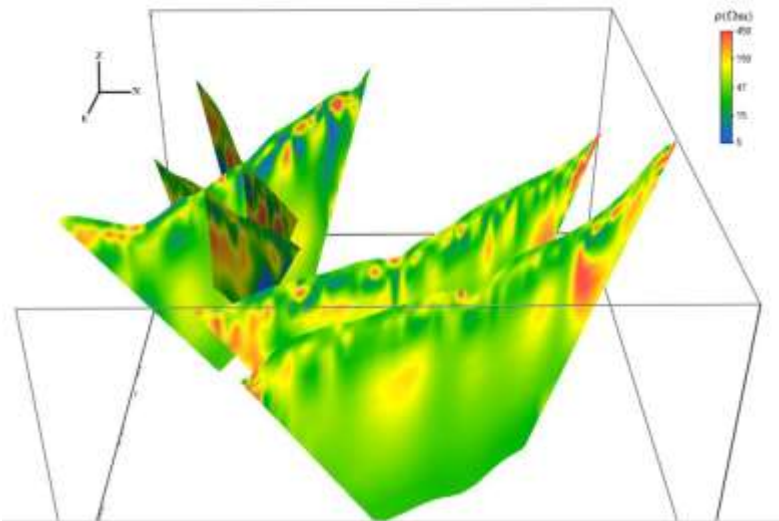
LAMPIRAN



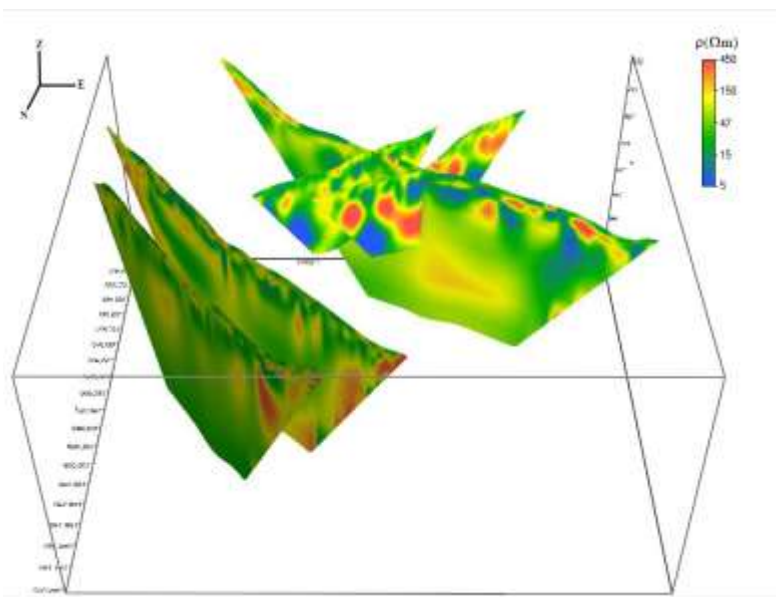
Gambar A1. Semburan Artesis pada lintasan pengukuran



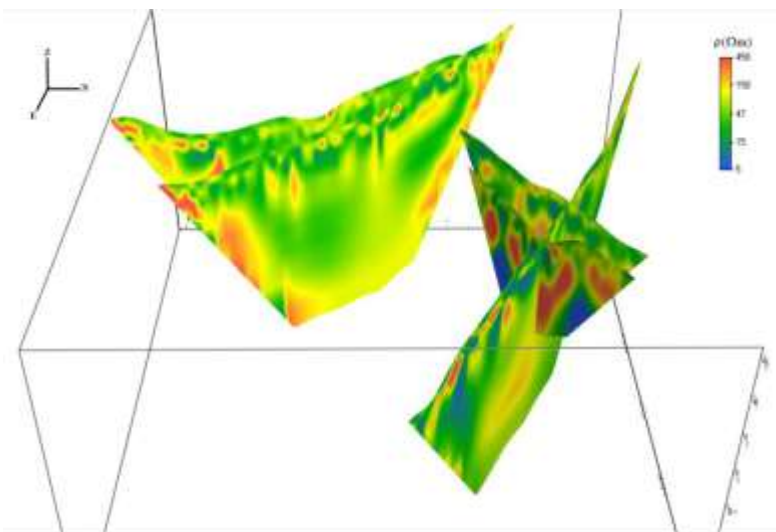
Gambar A2. Dokumentasi Pengambilan Data



Gambar A3. 3D *Section Plot* Tampak Dari Timur



Gambar A4. 3D Section Plot Tampak Dari Utara



Gambar A5. 3D Section Plot Tampak Dari Barat

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Nurul Huda, dilahirkan di Banyuwangi, 18 Oktober 1995. Penulis merupakan anak Sulung dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SDN 1 Cantuk (2001-2007), SMPN 1 Singojuruh (2007-2010), dan SMAN 1 Rogojampi (2010-2013). Penulis diterima di Jurusan Fisika FMIPA ITS melalui jalur SNMPTN Undangan dan terdaftar dengan NRP 1113100048. Selama kuliah, penulis aktif di beberapa organisasi kemahasiswaan, yaitu Himpunan Mahasiswa Fisika ITS (Himasika ITS) sebagai staff departemen Dalam Negeri (2014-2015), *Steering Commite* Radiasi 2014, Kepala departemen Dalam Negeri (2015-2016), *Instructure Committee* Radiasi 2015, SM IAGI ITS sebagai Wakil Presiden II (2015-2016), dan AAPG SC ITS sebagai Kepala Divisi Riset dan Teknologi (2016-2017). Penulis juga aktif dalam LKMM PraTD (2013) dan LKMM TD (2014). Selama kuliah penulis juga aktif sebagai asisten praktikum fisika dasar 1 dan fisika dasar 2 selama 2 semester, serta sebagai asisten praktikum fisika laboratorium geofisika. Penulis pernah melakukan kerja praktik di Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo (BPLS). Di Jurusan Fisika ITS, Penulis mengambil bidang minat Fisika Bumi dalam menyelesaikan Tugas Akhir jenjang S1 dibawah bimbingan Dr. Sungkono., M.Si. dan Ary Iswahyudi, S.Si. M.T.. Segala kritik dan saran bagi penulis dapat dikirimkan melalui e-mail huda4895@gmail.com.